双斑恩蚜小蜂寄生对烟粉虱体内保幼激素和20-羟基蜕皮酮含量的影响

钱明惠[1,2]，任顺祥[1*]，胡琼波[1]

（1. 华南农业大学资源环境学院，广州 510642；2. 广东省林业科学研究院森保所，广州 510520）

摘要：用反相高效液相色谱法(RP-HPLC)测定了烟粉虱 *Bemisia tabaci* 体内保幼激素和20-羟基蜕皮酮的滴度。结果显示，被双斑恩蚜小蜂 *Encarsia bimaculata* 寄生的烟粉虱高龄若虫体内的保幼激素滴度显著高于($P<0.05$)对照即未被寄生的高龄若虫，20-羟基蜕皮酮(20-E)滴度显著低于($P<0.05$)对照，与未被寄生的低龄若虫滴度差异不显著，说明双斑恩蚜小蜂寄生后可以将烟粉虱高龄若虫的激素含量保持在低龄若虫的水平，从而调节烟粉虱高龄若虫的生长发育。烟粉虱伪蛹和成虫与对照体内保幼激素含量，烟粉虱伪蛹与对照之间20-E含量差异均不显著($P>0.05$)。

关键词：双斑恩蚜小蜂；烟粉虱；保幼激素；20-羟基蜕皮酮；滴度

中图分类号：Q965　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：0454-6296(2006)04-0568-06

Effects of endoparasitism by *Encarsia bimaculata* on the titers of juvenile hormones and 20-hydroxyecdysone in *Bemisia tabaci* nymphs

QIAN Ming-Hui[1,2], REN Shun-Xiang[1*], HU Qiong-Bo[1] (1. College of Resource and Environment, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China; 2. Department of Forestry Protection, Guangdong Forestry Research Institute, Guangzhou 510520, China)

Abstract: The juvenile hormones (JHs) and molting hormone 20-hydroxyecdysone (20-E) from *Bemisia tabaci* nymphs and adults un-parasitized or parasitized by *Encarsia bimaculata* were measured with RP-HPLC. The results indicated that the parasitized older nymphs had significantly higher titer of JHs ($P<0.05$) but significantly lower titer of 20-E ($P<0.05$) than those un-parasitized older nymphs (CK), which had similar titers of JHs and 20-E with the un-parasitized younger nymphs. This suggested that *E. bimaculata* could modulate its host metamorphosis hormone level, and prolong the nymph stage of its host. JH titers between adults, ‘pupae’ and CK, and 20-E titers between ‘pupae’ and CK of *B. tabaci*, however, were not significantly different ($P>0.05$).

Key words: *Encarsia bimaculata*; *Bemisia tabaci*; juvenile hormones; 20-hydroxyecdysone; titer

双斑恩蚜小蜂 *Encarsia bimaculata* Heraty *et* Polaszek 是烟粉虱 *Bemisia tabaci* (Gennadius)的主要寄生性天敌之一(邱宝利等，2005)。目前有关寄主发育激素调控的研究，主要集中在茧蜂科、姬蜂科等寄生蜂中的毒素、多分DNA病毒(polydnavirus, PDV)和畸形细胞共同参与抑制保幼激素酯酶(juvenile hormone esterase, JHE)活性，或抑制促前胸腺激素(prothoracotropic hormone, PTTH)作用的靶器官，以及钝化β-蜕皮激素作用等方面(Dover *et al*., 1995; Pennacchio *et al*., 1997)。而蚜小蜂-粉虱体系中目前尚未见有关寄主发育的调控与激素平衡的研究报道。本研究用反相高效液相色谱(RP-HPLC)对被双斑恩蚜小蜂寄生和未被寄生的烟粉虱若虫，以及烟粉虱不同发育阶段体内保幼激素(juvenile hormone, JH)和20-羟基蜕皮酮(20-hydroxyecdysone, 20-E)的滴度进行了测定，定量分析了双斑恩蚜小蜂

基金项目：国家自然科学基金项目(30270901)；广东省自然科学基金项目(034002)

作者简介：钱明惠，女，1968年11月生，江西萍乡人，博士，助理研究员，主要从事植物病虫害防治研究，E-mail: qmingh@yahoo.com.cn

* 通讯作者 Author for correspondence, E-mail: rensxcn@yahoo.com.cn

收稿日期 Received: 2005-10-20；接受日期 Accepted: 2006-01-26

对烟粉虱激素滴度的调节作用。

1　材料和方法

1.1　供试虫源

双斑恩蚜小蜂和烟粉虱均采自华南农业大学昆虫学系网室和养虫笼，烟粉虱的寄主植物为扶桑 *Hibiscus rosa-sinensis* L.。

1.2　试剂、仪器及色谱条件

保幼激素 JH1、JH2 和 JH3 标准样品为捷克 SciTech 公司产品，20-羟基蜕皮酮（20-E）标准样品为美国 Sigma 公司产品。甲醇、正己烷、乙醚均为国产分析纯试剂，重蒸后使用。

仪器：美国安捷伦公司 Agilent-1100 型高效液相色谱仪，美国 250 mm × 4.6 mm Restek C18 柱，德国 Eppendorf 离心机。

保幼激素色谱条件：流动相为甲醇 : 水（68 : 32）；流速 1 mL/min，紫外检测波长 λ = 218 nm，进样量 10 μL，柱温 22℃。以峰面积定量。

蜕皮激素色谱条件：流动相为甲醇 : 水（50 : 50）；流速 0.5 mL/min，紫外检测波长 λ = 254 nm，进样量 10 μL，柱温 22℃。以峰面积定量。

1.3　昆虫样本处理

烟粉虱供试样本分 6 种处理：（1）对照 CK：未被寄生的烟粉虱 3 ~ 4 龄若虫即高龄若虫；（2）PN：寄生有双斑恩蚜小蜂幼虫和预蛹的 3 ~ 4 龄烟粉虱若虫；（3）YN：未被寄生的烟粉虱 1 ~ 2 龄若虫即低龄若虫；（4）P：未被寄生的烟粉虱伪蛹；（5）A：烟粉虱成虫；（6）BP：寄生有双斑恩蚜小蜂黑蛹的烟粉虱若虫。每个样本 100 mg，3 次重复。

1.4　样品制备

1.4.1　测定保幼激素含量的样品制备

在杨亦桦等（1997）的制备方法上加以改进，将样本称量后分别置于玻璃匀浆器中，加入 2 mL 提取液（甲醇 : 乙醚 = 1 : 1）匀浆，再加入 2 mL 正己烷匀浆后，以11 180 × g 离心 10 min，取上清液。用正己烷反复提取 3 次，汇总上清液。上机前上清液用高纯 N_2 吹干，定容到 50 μL，然后用 HPLC 测定其保幼激素含量。分别取 50 μL 浓度为 10 ng/μL 的 3 种保幼激素标样进行全过程提取，处理后测定标准回收率。

1.4.2　测定 20-羟基蜕皮酮含量的样品制备

在刘敬泽等（2001）的制备方法上加以改进，将样本置于玻璃匀浆器中，加入 2 mL 75% 甲醇，匀浆后 11 180 × g 离心 10 min，取上清液，接着用 75% 甲醇反复提取 3 次，汇总提取液，再用高纯 N_2 吹干，并将剩余溶液转入盛有 5 mL 氯仿的溶液中，用少量水洗涤数次，合并洗涤液于离心管，最后使水相体积 : 氯仿相体积 = 1 : 1，充分摇匀，离心。取出水相，再加 2 mL 水于离心管中，充分摇匀后再次离心 10 min，合并水相，用高纯 N_2 吹干，最后用纯甲醇定容到 50 μL。经 0.45 μm 微膜过滤后，用 HPLC 测定 20-E 含量。取 50 μL 浓度为 10 ng/μL 的 20-E 标样进行全过程处理，测定标准回收率。

2　结果与分析

2.1　双斑恩蚜小蜂对烟粉虱保幼激素的调控

因为使用的是反相 C18 柱，3 种保幼激素的保留时间，根据其分子的极性差异有所不同，极性最强的 JH3 最先出峰，保留时间为 19.5 min 左右；JH2 次之，28.5 min 左右出峰；JH1 的极性最低，40.8 min 才出峰（图 1 ~ 3）。

JH2 标样的标准回收率是 93.4%。不同条件下烟粉虱体内保幼激素 JH2 滴度由高到低依次为：内有双斑恩蚜小蜂幼虫和预蛹的烟粉虱高龄若虫（41.19 ± 1.92 ng/mg），未被寄生的烟粉虱低龄若虫（40.23 ± 1.97 ng/mg），内有双斑恩蚜小蜂黑蛹的烟粉虱若虫（23.40 ± 2.73 ng/mg），对照（20.11 ± 2.38 ng/mg），烟粉虱伪蛹（9.74 ± 1.12 ng/mg），烟粉虱成虫（8.34 ± 1.43 ng/mg）（表 1）。

JH3 标样的标准回收率是 90.7%。烟粉虱体内保幼激素 JH3 含量由高到低的顺序与 JH2 相同，依次为：内有双斑恩蚜小蜂幼虫和预蛹的烟粉虱高龄若虫（4.81 ± 0.30 ng/mg），未被寄生的烟粉虱低龄若虫（4.34 ± 0.20 ng/mg），对照（1.71 ± 0.21 ng/mg）、内有双斑恩蚜小蜂黑蛹的烟粉虱若虫（1.53 ± 0.30 ng/mg）、烟粉虱伪蛹（1.03 ± 0.15 ng/mg）和烟粉虱成虫（0.92 ± 0.16 ng/mg）（表 1）。

被双斑恩蚜小蜂寄生的烟粉虱高龄若虫体内保幼激素 JH2 和 JH3 含量都显著（$P < 0.05$）高于未被寄生的高龄若虫；与未被寄生的低龄若虫含量接近，差异不显著。说明双斑恩蚜小蜂寄生后可以将高龄若虫的保幼激素含量提高到低龄若虫的高水平。烟粉虱伪蛹和成虫体内保幼激素 JH2 和 JH3 含量与对照差异均不显著，且烟粉虱伪蛹和成虫的保幼激素的含量接近。

2.2　双斑恩蚜小蜂对烟粉虱 20-羟基蜕皮酮的调控

经 HPLC 检测，20-羟基蜕皮酮（20-E）出峰时间

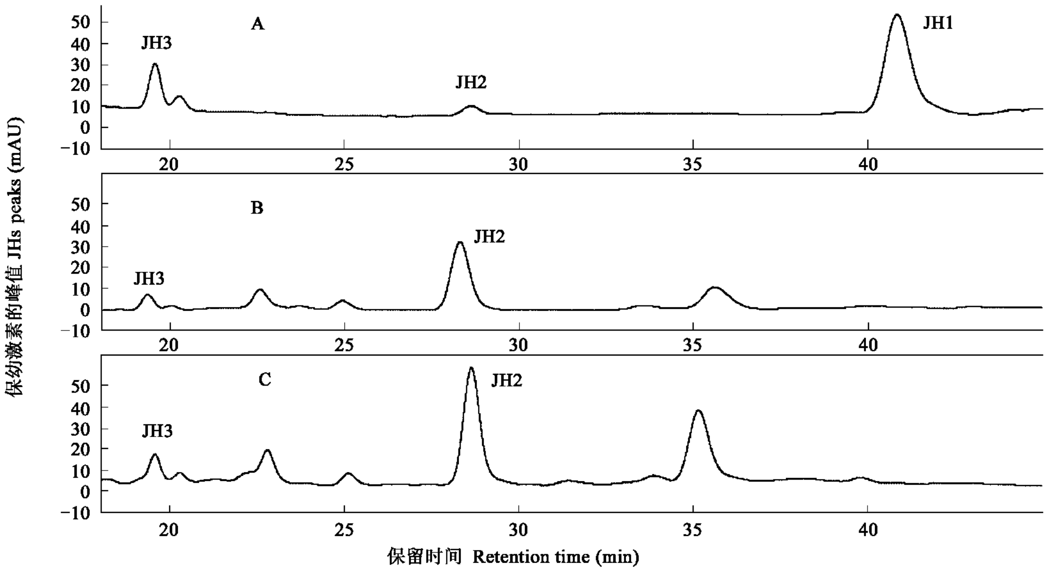


图 1 未被寄生(B)和被寄生(C)的烟粉虱高龄若虫体内保幼激素 HPLC 图谱

Fig. 1 HPLC profiles of juvenile hormones in un-parasitized (B) and parasitized (C) older nymph of *Bemisia tabaci*

A：标准样品 Standard sample.

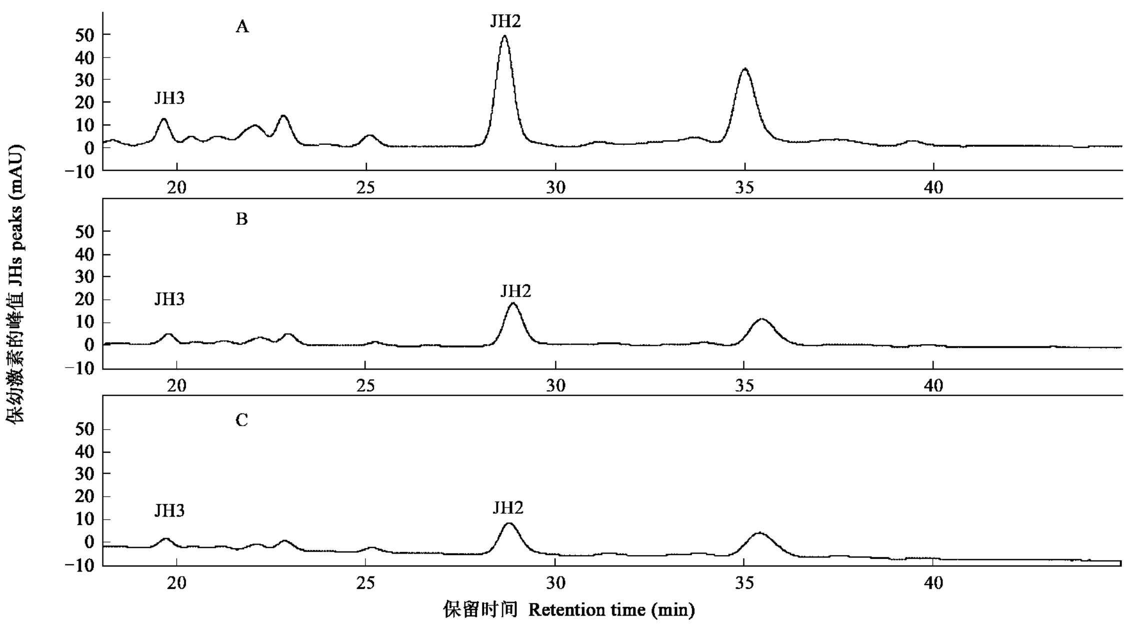


图 2 未被寄生的烟粉虱低龄若虫(A)、伪蛹(B)和成虫(C)体内保幼激素 HPLC 图谱

Fig. 2 HPLC profiles of juvenile hormones in un-parasitized younger nymph (A), pupa (B) and adult (C) of *Bemisia tabaci*

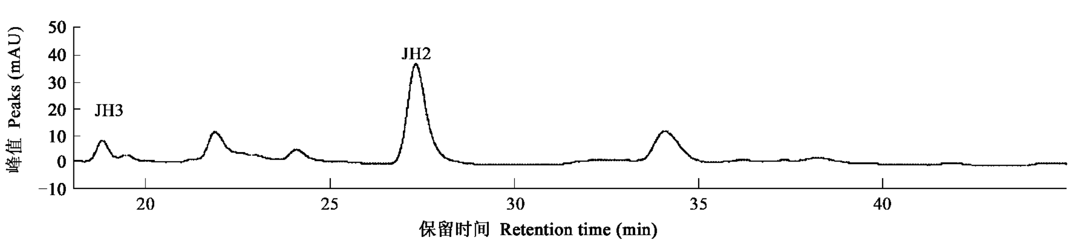


图 3 寄生有双斑恩蚜小蜂黑蛹的烟粉虱若虫体内保幼激素 HPLC 图谱

Fig. 3 HPLC profile of juvenile hormones in *Bemisia tabaci* parasitized with *Encarsia bimaculata* pupa

在 11.4 min 左右(图 4)。测得 20-E 的全过程的标准回收率是 91.5%，蜕皮激素含量由低到高依次为：内有双斑恩蚜小蜂幼虫和预蛹的烟粉虱高龄若虫(3.77 ± 0.38 ng/mg)，未被寄生的烟粉虱低龄若虫(6.29 ± 0.61 ng/mg)，烟粉虱成虫(9.59 ± 0.89 ng/mg)，内有双斑恩蚜小蜂黑蛹的烟粉虱若虫(16.51 ± 0.80 ng/mg)，烟粉虱伪蛹(19.69 ± 0.91 ng/mg)；对照(21.53 ± 1.05 ng/mg)(表 1)。

被双斑恩蚜小蜂寄生的烟粉虱高龄若虫体内 20-E 含量与低龄若虫和成虫的含量无显著差异($P > 0.05$)，但显著低于未被寄生的烟粉虱高龄若虫。烟粉虱伪蛹与对照即正常的高龄烟粉虱若虫之间差异不显著；被寄生后变黑的蛹体内蜕皮激素含量比伪蛹和对照略低，无显著差异。

内有双斑恩蚜小蜂黑蛹的烟粉虱若虫只剩下一层空壳包在其黑蛹外面，因此，所测得激素含量主要是双斑恩蚜小蜂黑蛹本身的含量，所以它与其他虫态烟粉虱体内保幼激素含量的可比性不强。

总之，HPLC 测定结果显示，被双斑恩蚜小蜂寄生的烟粉虱高龄若虫与未被寄生的高龄若虫体内的激素含量差异显著($P < 0.05$)；与未被寄生的低龄若虫含量接近，差异不显著。说明双斑恩蚜小蜂寄生后可以调控高龄若虫体内的激素水平。

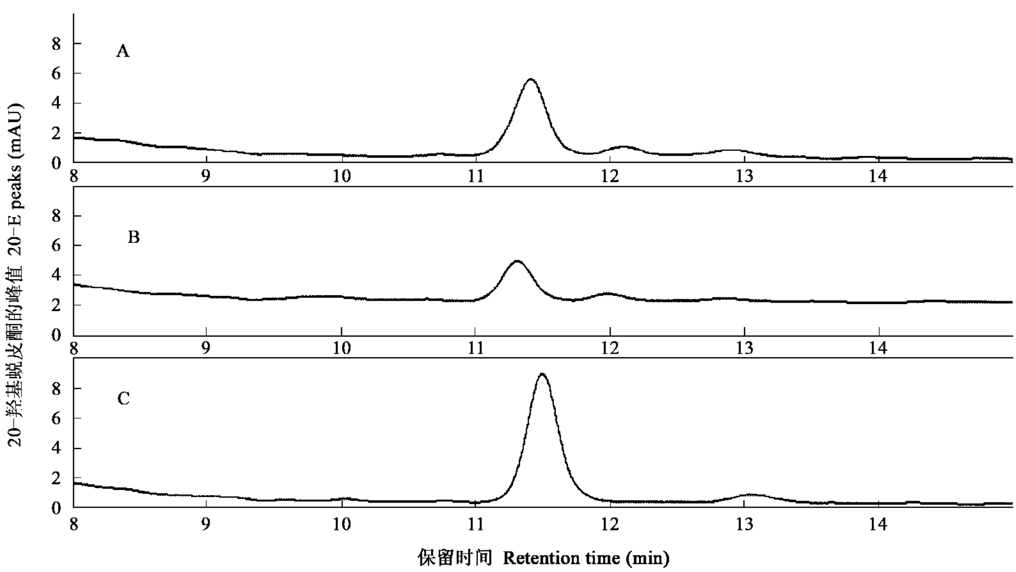


图 4　未被寄生(B)和被寄生(C)的烟粉虱高龄若虫体内 20-羟基蜕皮酮的 HPLC 图谱

Fig. 4　HPLC profiles of 20-E in un-parasitized (B) and parasitized (C) older nymph of *Bemisia tabaci*

A：标准样品 Standard sample.

表 1　烟粉虱体内激素的滴度(ng/mg)

Table 1　Hormone titers in *Bemisia tabaci* (ng/mg)

处理 Treatment	JH2	JH3	20-E
对照 CK	20.11 ± 2.38 b	1.71 ± 0.21 b	21.53 ± 1.05 a
PN	41.19 ± 1.92 a	4.81 ± 0.30 a	3.77 ± 0.38 c
YN	40.23 ± 1.97 a	4.34 ± 0.20 a	6.29 ± 0.61 c
P	9.74 ± 1.12 b	1.03 ± 0.15 b	19.69 ± 0.91 ab
A	8.34 ± 1.43 b	0.92 ± 0.16 b	9.59 ± 0.89 bc
BP	23.40 ± 2.73 ab	1.53 ± 0.30 b	16.51 ± 0.80 ab

注：表中数据为平均值 ± 标准误，同一列数据后英文字母不同者表示在 0.05 水平差异显著(DMRT)。CK：没有被寄生的烟粉虱高龄若虫；PN：内有双斑恩蚜小蜂幼虫和预蛹的烟粉虱高龄若虫；YN：未被寄生的烟粉虱低龄若虫；P：烟粉虱伪蛹；A：烟粉虱成虫；BP：内有双斑恩蚜小蜂黑蛹的烟粉虱高龄若虫。

Notes: Data in the table are mean ± *SE*, data in a column with the different letters are significantly different (DMRT, $P < 0.05$). CK: Un-parasitized older nymph; PN: Older nymph parasitized with *Encarsia bimaculata* larva or prepupa; YN: Un-parasitized younger nymph; P: Pupa; A: Adult; BP: Older nymph parasitized with *Encarsia bimaculata* pupa.

3 讨论

Strand 等（1990）测定了被一种黄蜂 *Copidosoma floridanum* 寄生和未被寄生的 *Trichoplusia ni* 体内的激素变化，发现 5 龄幼虫被寄生后会推迟一天左右蜕皮，原因是其体内蜕皮激素含量显著降低，且其体内保幼激素酯酶（JHE）仅有一个活性高峰，而未被寄生的 5 龄幼虫具有 2 个 JHE 活性高峰。

Steiner 等（1999）用气质联用仪测定了棉贪夜蛾 *Spodoptera littoralis* 从卵到羽化过程，以及被 *Chelonus inanitus* 寄生后体内保幼激素（JH）含量的变化。结果显示，胚胎后期和刚孵化的 1 龄幼虫体内保幼激素含量最高，主要检测到 JH2、JH1 和少量的 JH3；但以后的虫期只检测到 JH2 和 JH3，羽化时保幼激素含量最低；末龄幼虫（第 6 龄）取食后期体内保幼激素消失，化蛹初期则又重新出现。而在被寄生的幼虫体内只检测到 JH3，且以第 2 龄时含量最高，第 5 龄时幼虫体内几乎没有 JH，说明寄生蜂可以导致寄主体内保幼激素含量的改变，但被寄生的寄主体内 JH 含量的变化并不与未被寄生的类似。

本实验的各处理中仅检测到 JH2 和 JH3，未检测到 JH1（JH1 标样的标准回收率为 95.3%），说明 HPLC 测定烟粉虱体内 JH 的方法稳定性较好，这也与鳞翅目以外昆虫保幼激素主要是 JH2、JH3 的结论相符（Turner，1984），同时也说明，双斑恩蚜小蜂寄生后没有改变寄生复合体中保幼激素的种类。

寄生蜂对寄主激素的调控分二种类型（王方海等，2000），第一种称为生理顺从者，这类寄生蜂并不操纵寄主的激素水平，但可以利用寄主的激素来调节自身的发育，从而确保它们的生长发育与寄主同步；第二种是生理调节者，寄生蜂调节寄主内分泌系统和（或）产生具有激素样活性的物质，使寄主发育滞留在对寄生蜂有利的阶段。第二种类型更为常见，即寄生蜂通过增加寄主保幼激素（JH）的滴度或降低蜕皮激素（MH）的水平来实现激素调控（Dover and Vinson，1990；Vinson，1990），前者通过降低或抑制保幼激素酯酶（JHE）的活性来实现（Shelby and Webb，1997），后者通过抑制促前胸腺激素（PTTH）的释放或直接影响前胸腺的功能来实现（Dover *et al*.，1988）。双斑恩蚜小蜂寄生烟粉虱若虫后，使烟粉虱若虫体内保幼激素含量显著提高，20-羟基蜕皮酮含量显著下降，所以双斑恩蚜小蜂属于生理调控类型寄生蜂。

因为低龄若虫寄生率低（Mandour *et al*.，2003；Qiu and Ren，2005），室内以 1∶5 的过饱和蚜小蜂与烟粉虱比例，在扶桑上 1 龄烟粉虱接蜂寄生率才 5.13% ± 1.49%，而且双斑恩蚜小蜂从烟粉虱低龄开始寄生对烟粉虱低龄幼虫龄期的影响与对照差异不显著，即使双斑恩蚜小蜂从烟粉虱低龄开始寄生也只延长寄主高龄若虫的发育期（钱明惠，2005）。而且被寄生低龄若虫要解剖后才能判断是否被寄生，解剖不可避免的会造成寄主体内物质流失从而影响激素测定结果，所以没有进行被寄生低龄若虫与未被寄生低龄若虫的激素比较。

寄生蜂在长期的进化过程中，已发展成具有调整或调节寄主生理和发育的能力（Vinson and Iwantsch，1980），使得寄主发育与其同步，从而有利于寄生蜂的生长发育。如寄生于烟粉虱的 *Encarsia pergandiella*，无论寄生于低龄若虫还是 3 龄或 4 龄若虫，均在寄主发育到 4 龄若虫时羽化钻出（Liu and Stansly，1996）。这种发育同步现象在内寄生蜂中是很普遍的，这种调控是通过激素调节来实现的（Lawrence，1986；Tanaka *et al*.，1994）。本实验通过 HPLC 测定，明确了双斑恩蚜小蜂寄生烟粉虱若虫后，使烟粉虱若虫体内保幼激素滴度显著提高，20-羟基蜕皮酮滴度显著下降，理论上应该会造成烟粉虱若虫期延长。实验也表明，烟粉虱被双斑恩蚜小蜂寄生后，高龄幼虫龄期确实显著延长（邱宝利，2002；Mandour，2004；钱明惠，2005）。烟粉虱发育历期延长使寄主与蚜小蜂发育同步，从而使双斑恩蚜小蜂有足够的时间完成自身发育过程。所以，有理由相信，通过改变寄主的激素含量使寄主发育延缓是双斑恩蚜小蜂调节烟粉虱使之发育同步的一种生理机制。

参 考 文 献（References）

Dover B，Davies DH，Vinson SB，1988. Dose-dependent influence of *Campoletis sonorensis* polydnavirus on ecdysteroid titers of *Heliothis virescens* larvae. *Arch. Insect Biochem. Physiol*.，8：113 – 126.

Dover BA，Menon A，Brown BC，1995. Suppression of juvenile-hormone esterase in *Heliothis virescens* by *Microplitis demolitor* calyx fluid. *Insect Physiol*.，41：809 – 817.

Dover BA，Vinson SB，1990. Stage-specific effects of *Campoletis sonorensis* parasitism on *Heliothis virescens* development and prothoracic glands. *Physiol. Entomol*.，15：405 – 414.

Lawrence PO，1986. Host-parasite hormonal interactions：An overview. *J. Insect Physiol*.，32：295 – 298.

Liu JZ，Li YL，Jian ZJ，2001. Correlation between 20-hydroxyecdysone levels and cuticulogenesis in nymphs of *Haenaphysalis longicornis*. *Acta*

Entomol. *Sin*.，44(1)：46 – 51. [刘敬泽，李永良，姜在阶，2001. 长角血蜱若虫发育期 20 羟基蜕皮酮含量变化与表皮发生的关系. 昆虫学报，44(1)：46 – 51]

Liu TX，Stansly PA，1996. Oviposition，development，and survivorship of *Encarsia pergandiella* in four instars of *Bemisia argentifolii*. *Ann*. *Entomol*. *Soc*. *Am*.，89：96 – 102.

Mandour NS，2004. Effects of Different Kairomonal Sources on the Performance of *Eretmocerus* sp. and *Encarsia bimaculata* (Hymenoptera：Aphelinidae) Parasitizing *Bemisia tabaci* (Homoptera：Aleyrodidae). Ph. D. Dissertation，South China Agricultural University，Guangzhou，China.

Mandour NS，Ren SX，Qiu BL，Fazal S，2003. Effects of extraction from nymphs，exuviae and adults of *Bemisia tabaci* B biotype on the behavior of *Encarsia bimaculata* Heraty *et* Polaszet (Hymenoptera：Aphelinidae). *Acta Entomol*. *Sin*.，46(6)：745 – 748. [Mandour NS，任顺祥，邱宝利，Fazal S，2003. 烟粉虱 B 生物型若虫、皮蜕及成虫提取物对双斑蚜小蜂行为的影响. 昆虫学报，46(6)：745 – 748]

Pennacchio F，Sordetti R，Falabella P，1997. Biochemical and ultrastructural alternations in prothoracic glands of *Heliothis virescens* last instar larvae parasitized by *Cardiochiles nigriceps*. *Insect Biochem*. *Mol*. *Biol*.，27：439 – 450.

Qian MH，2005. Female Reproductive System，Development of *Encarsia bimaculata* (Hymenoptera：Aphelinidae) and the Physiological Regulation to *Bemisia tabaci* (Homoptera：Aleyrodidae). Ph. D. Dissertation，South China Agricultural University，Guangzhou，China. [钱明惠，2005. 双斑恩蚜小蜂和昆虫生长调节剂对烟粉虱的生理调控. 华南农业大学博士学位论文]

Qiu BL，2002. Some Ecological Studies on *Bemisia tabaci* and the Utilization of Its Parasitoids *Eretmocerus* sp. and *Encarsia bimaculata*. Ph. D. Dissertation，South China Agricultural University，Guangzhou，China. [邱宝利，2002. 烟粉虱生态学特性及其寄生蜂的利用研究. 华南农业大学博士学位论文]

Qiu BL，Ren SX，2005. Effect of host plants on the development，survivorship and reproduction of *Encarsia bimaculata* (Hymenoptera：Aphelinidae)，a parasitoid of *Bemisia tabaci* (Homoptera：Aleyrodidae). *Acta Entomol*. *Sin*.，48(3)：365 – 369. [邱宝利，任顺祥，2005. 寄主植物对双斑恩蚜小蜂的发育、存活和繁殖的影响. 昆虫学报，48(3)：365 – 369]

Qiu BL，Ren SX，Wu JH，2005. The morphological characters，life habits and parasitizing behavior of *Encarsia bimaculata*. *Chinese Bulletin of Entomology*，42(1)：64 – 67. [邱宝利，任顺祥，吴建辉，2005. 双斑恩蚜小蜂形态学特征、生活习性及其寄生行为. 昆虫知识，42(1)：64 – 67]

Shelby KS，Webb BA，1997. Polydnavirus infection inhibits translation of specific growth-associated host proteins. *Insect Biochem*. *Mol*. *Biol*.，27：263 – 270.

Steiner B，Wilhelm RP，Burgin CG，1999. Titres of juvenile hormone Ⅰ，Ⅱ and Ⅲ in *Spodoptera littoralis* (Noctuidae) from the egg to the pupal moult and their modification by the egg-larval parasitoid *Chelonus inanitus* (Braconidae). *J*. *Insect Physiol*.，45：401 – 413.

Strand MR，Dover BA，Johnson JA，1990. Alterations in the ecdysteroid and juvenile hormone esterase profiles of *Trichoplusia ni* parasitized by the polyembryonic wasp *Copidosoma floridanum*. *Arch*. *Insect Biochem*. *Physiol*.，13：41 – 51.

Tanaka T，Tagashira E，Sakurai S，1994. Reduction of testis growth of *Pseudodaletia separate* larvae after parasitization by *Cotesia kariyai*. *Arch*. *Insect Biochem*. *Physiol*.，26：111 – 122.

Turner RB (translated by Li LY)，1984. Analytical Biochemistry of Insects. Beijing：Science Press. 241 pp. [Turner RB (李丽英译)，1984. 昆虫分析生物化学. 北京：科学出版社. 241 页.

Vinson SB，1990. Physiological interactions between the host genus *Heliothis* and its parasitoids. *Arch*. *Insect Biochem*. *Physiol*.，13：63 – 81.

Vinson SB，Iwantsch GF，1980. Host regulation by insect parasitoids. *Quart*. *Rev*. *Biol*.，55：143 – 165.

Wang FH，Gu DX，Wen RZ，2000. Regulations of hosts developments by parasitic wasps. *Natural Enemies of Insects*，22(4)：177 – 179. [王方海，古德祥，温瑞贞，2000. 寄生蜂对寄主生长发育的调控. 昆虫天敌，22(4)：177 – 179]

Yang YH，Dai HG，Han HR，Wang MH，1997. Determination of juvenile hormone in brown planthopper (*Nilaparvata lugens*) by HPLC. *Entomological Journal of East China*，6(2)：24 – 27. [杨亦桦，戴华国，韩航如，王鸣华，1997. 用 HPLC 测定稻褐飞虱体内的保幼激素. 华东昆虫学报，6(2)：24 – 27]

（责任编辑：黄玲巧）